УДК 631.86:631.87

© 2022

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МІСЦЕВИХ СИРОВИННИХ РЕСУРСІВ У ВИРОБНИЦТВІ ПОЛІПШУВАЧІВ ҐРУНТУ

Є.В. Скрильник[1], К.С. Артем'єва[2]
[1]доктор сільськогосподарських наук, професор
[2] кандидат сільськогосподарських наук
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»
вул. Чайковська, 4, м.Харків, 61024, Україна
e-mail: [1]orgminlab@ gmail.com, [2]artemyeva.katti@gmail.com
ORCID: [1]0000-0002-8642-8547, [2]0000-0001-8634-9147

Надійшла 14.02.2022

Мета. ***Проаналізувати якісні характеристики місцевої сировини різного походження та оцінити перспективи її раціонального використання як джерела органічних речовин для виробництва різних видів поліпшувачів і вторинних сировинних ресурсів в Україні для виробництва різних видів поліпшувачів ґрунту, лабораторний — для дослідження агрохімічних властивостей основних видів місцевих сировинних ресурсів, проведеного за атестованими методиками з наступною статистичною обробкою даних.*** **Результати.** ***Наведено агрохімічну характеристику удобрювально-меліоративних матеріалів органічного та мінерального походження, що розглядаються як джерело поживних елементів й органічних сполук, і можуть бути застосовані для виготовлення поліпшувачів ґрунту після проведення відповідних технологічних рішень. Більшість з проаналізованих матеріалів характеризується значним потенціалом для гумусоутворення в ґрунтах.*** **Висновки.** ***Розв'язання еколого-ресурсної ситуації в Україні, значною мірою залежить від поводження з місцевою сировиною, бо вона є основним чинником забруднення довкілля, у ній «заморожено» певну частину ресурсного та енергетичного потенціалу. Це впливає на збалансованість розвитку господарства України як в екологічному, так і в ресурсному аспекті. Доведено, що з органічною місцевою сировиною в ґрунт надходить складний комплекс різних за хімічним складом, ступенем стійкості та реакційною здатністю органічних сполук, що зумовлюють значний меліоративний потенціал поліпшувачів ґрунту. Залучення до виробництва поліпшувачів ґрунтів місцевих сировинних ресурсів різного генезису, впровадження технологій переробки для поліпшення їхніх меліоративних властивостей, дасть можливість отримати якісний продукт, збалансований за вмістом гумусових і поживних речовин.***

Ключові слова: *природна та вторинна сировина, поліпшувачі ґрунту, меліоративний потенціал, агрохімічний склад.*

DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202204-09

В умовах дефіциту традиційних органічних і подорожчання мінеральних добрив постає питання щодо залучення місцевих сировинних ресурсів для виробництва поліпшувачів ґрунту, серед яких природна та вторинна сировина, а саме відходи

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

тваринництва і птахівництва, комунального господарства, переробної промисловості, рослинна сировина тощо [1–5].

Водночас, глобальна проблема накопичення вторинної сировини визначає великий інтерес до розробки та організації ефективних природоохоронних технологій її утилізації. У рамках Стратегії державної екологічної політики було задекларовано збільшення до 2020 р. у 1,5 раза обсягу заготівлі, утилізації та використання органічних відходів як вторинної сировини. Від поводження з місцевими органічними відходами залежить розв'язання еколого-ресурсної ситуації в Україні, оскільки, з одного боку, відходи є основними чинниками забруднення довкілля, а з другого — в них «заморожено» певну частину ресурсного й енергетичного потенціалів. Поводження з відходами впливає на збалансованість розвитку господарства України як в екологічному, так і в ресурсному аспектів [6].

Розробка нових технологій істотно розширює шляхи переробки місцевої сировини різного походження. Перспективне максимально повне залучення сировини до господарчого обігу, її комплексна переробка, а саме, знезаражування, знешкодження насіння бур'янів, подрібнення, нейтралізації тощо. Кожна сировина повинна конкретизуватися за визначеними ознаками.

На першому рівні місцеву сировину поділено на 6 груп за джерелами одержання: органічні матеріали природного походження (сапропелю, донного мулу, кори, листя) з підгрупою каустобіоліти (буре вугілля, леонардіт, біовугілля (biochar), торф), відходи тваринництва та птахівництва (гній ВРХ, гній свиней, пташиний послід), відходи комунального господарства (осад стічних вод, тверді побутові відходи). До найбільшої групи належать відходи переробної промисловості (меляса, дефекат, жом, сироватка, барда, лігнін, дигестат після біогазової установки, відхід виробництва вирощування грибів, арахісу, какао бобів, кави, дріжджів, тирса), рослинна сировина (рослинні залишки, сидерати) тощо, до окремої групи належать різновиди компостів (вермикомпост, біогумус, постгрибний субстрат) і вологопоглинаючі матеріали (глауконіт, бентоніт, сапоніт) та ін. [1].

За агрегатним станом сировину класифікують на тверду та рідку. До показників якості місцевої сировини належать: суха речовина, органічна речовина, масова частка поживних речовин, pH розчину визначеної концентрації, ступінь гуміфікації. Вміст домішок: золи, солей, засміченості. Показники забруднення важкими металами (вміст важких металів (Cd, Pb, Cr тощо)). Показники безпеки, клас безпеки (токсичність, пожежо-та вибухонебезпечність). Можливість повторного використання без переробки, після переробки та без можливості використання.

Агрономічне оцінювання місцевих сировинних ресурсів базується на таких принципах: за впливом на родючість ґрунтів, за впливом на біологічні та ферментативні процеси, за впливом на ріст і розвиток рослин, за впливом на екологічну систему. Значну частину органічної речовини місцевої сировини можна застосовувати безпосередньо як органічне добриво і як органічну складову під час виробництва поліпшувачів ґрунту різного типу.

Мета досліджень — проаналізувати якісні характеристики місцевої сировини різного походження та оцінити перспективи її раціонального використання як джерела органічних речовин для виробництва різних видів поліпшувачів ґрунту.

Матеріали та методи досліджень. Обґрунтування наукових підходів до визначення критеріїв підбору місцевих сировинних ресурсів для виготовлення поліпшувачів ґрунту здійснювали аналізом наукових праць лабораторії органічних добрив і гумусу ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського». Узагальнення наявних місцевих сировинних ресурсів проведено на основі оцінки статистичних звітів лабораторії.

Дослідження проводили в атестованій лабораторії органічних добрив і гумусу (свідоцтво про відповідність системи вимірювань вимогам ДСТУ ISO 10012:2005, № 01-0083/2020) відповідно до діючих стандартів України (ДСТУ).

Відбір і підготовка зразків місцевих сировинних ресурсів та поліпшувачів ґрунту до аналізування проводився згідно:

• ДСТУ EN 1482-1 Добрива та вапняні матеріали. Метод відбирання та готування проб. Частина 1. Відбирання проб.

• ДСТУ EN 1482-2 Добриво та вапняні матеріали. Відбирання та готування проб. Частина 2. Готування проб.

Вміст загального органічного вуглецю визначали за методом Тюріна згідно з ДСТУ 4289, азот — за К'єльдалем згідно з ДСТУ ISO 11261, фосфор — за МВ 31-497058-028:2019, калій — за ДСТУ 7949.

Вміст гумінових (Сгк) і фульвокислот (Сфк) визначали за методом Тюріна в модифікації Кононової-Бельчікової згідно з ДСТУ 7855. Вміст органічної речовини — за ДСТУ 8454, pH — за ДСТУ EN 13037, вміст кальцію визначали комплексометричним методом згідно з ДСТУ EN 12946.

Результати досліджень та їх обговорення. Вибір місцевої сировини для виробництва поліпшувачів ґрунту є одним із головних умов отримання якісного продукту збалансованого за вмістом гумусових і поживних речовин.

Агрохімічну характеристику місцевої сировини як ресурсу для виробництва поліпшувачів ґрунту наведено у таблиці.

Установлено, що склад за основними агрохімічними показниками різної за походженням місцевої сировини коливається в значних межах. Так, уміст органічної речовини знаходиться у межах від 7 до 99%, а вміст загального органічного вуглецю коливається в межах від 1 до 48%. Реакція середовища сировини переважно близька до нейтральної (5,8–7,4 од.) окрім біовугілля, пташиного послiду, гною ВРХ, меляси та дефекату, різних видів компосту, вермикомпосту, бентоніту, сапоніту, що характеризуються лужною реакцією (7,6–11 од.) і жому, сироватки, відходу виробництва сухих кормових дріжджів і спирту, лігніну, тирси, що характеризуються кислою реакцією (3,2–5,3 од.).

Відходи тваринництва і птахівництва, комунального господарства, різновиди компостів, деякі органічні матеріали природного походження (сапропель, леонардіт), відходи цукропереробного виробництва (меляса), та відходи какао-бобів більш збалансовані за вмістом поживних речовин, ніж інші органічні матеріали природного походження (торф, буре вугілля, біовугілля), відходи переробної промисловості, рослинна сировина та вологопоглинаючі матеріали, містять у своєму складі азоту (2,1–5,0%), фосфору (1,5–4,4%) та калію (2,1–5,6%).

Леонардіт відзначається найбільшим вмістом азоту (5,0 %), ОСВ тривалого зберігання та пташиний послід — фосфору (3,8–4,4%), а меляса — калію (5,6%). Лігнін характеризується найбільшим умістом кальцію (125 г/кг).

Специфічна особливість хімічного складу органічної сировини у тому, що вона містить «готові» гумінові кислоти. Встановлено, що в органічних матеріалах природного походження (торфу, бурого вугілля, леонардіту, біовугілля, сапропелю) в основному, переважають гумінові кислоти (67–82% від загального вуглецю лужного витягу), про що свідчить співвідношення $С_{гк}/С_{фк}$ 2,0–4,5, ступінь гуміфікації при цьому знаходиться в межах 2–16. У відходах тваринництва та птахівництва, вермикомпості, лігніні також переважають гумінові кислоти (54–78 % від загального вуглецю лужного витягу), про що свідчить співвідношення $С_{гк}/С_{фк}$ 1,3–1,6, ступінь гуміфікації знаходиться в межах 4–14.

У відходах комунального господарства (ОСВ) та у мелясі у складі гумусових сполук уміст фульвокислот у кілька разів перевищує вміст гумінових кислот (55–97 % від загального вуглецю лужного витягу), при цьому співвідношення $С_{гк}/С_{фк}$ 0,4, ступінь гуміфікації заходиться на рівні 4 [7–14].

На основі проведеного аналізу наявних місцевих сировинних складових для поліпшувачів ґрунту, одними з найцінніших джерел поживних речовин, особливо вуглецю та азоту є каустобіоліти. Буре вугілля містить найбільшу кількість вуглецю 52%, а ось азоту лише — 0,4%, чим і поступається леонардіту — різновидності бурого вугілля, що містить 43% вуглецю та найбільшу кількість азоту — 5%. Перевагою даного природного сланцю є його біологічна активність завдяки молекулярній структурі, де частка гумінових і фульвокислот визначає його цінність як сировини для виробництва поліпшувачів ґрунту. Однак гумусові речовини, що утримуються в цих корисних копалинах, переходять у фізіологічно активний стан і ефективно діють як стимулятори росту рослин і джерела елементів живлення рослин лише після їхньої активації [3].

Станом на 2021 р. прогнозні запаси бурого вугілля в Україні становили 7,1–9,4 млрд т.

Порівняльне агрохімічне оцінювання місцевої сировини різного генезису

Сировина	Суха речовина, %	pH	Вміст, %		Загальний вміст, % в сухій речовині			Ca, г/кг	$C_{заг}$, %
			золи	орг. реч.	N	P_2O_5	K_2O		
Органічні матеріали природного походження									
Сапропель	25,1	7,0	37,5	62,5	2,9	1,5	2,1	–	9,1
Торф низинний	28,9	5,7	11,5	88,5	2,7	0,3	0,1	–	40,4
Буре вугілля	80,7	6,7	12,5	87,5	0,4	0,3	0,5	–	51,6
Леонардіт	56,2	5,9	34,0	66,0	5,0	0,2	0,8	–	43,0
Біовугілля (біочар)	81,3	9,1	–	–	0,9	0,4	0,9	–	42,5
Відходи тваринництва і птахівництва									
Пташиний послід	73,0	8,3	46,8	53,2	3,4	4,4	2,6	–	23,6
Гній ВРХ	18,2	7,6	82,8	17,2	2,1	0,8	2,6	–	34,9
Відходи комунального господарства									
ОСВ	84,0	6,6	60,3	49,3	2,9	3,8	0,4	–	22,4
Відходи переробної промисловості									
Цукропереробного виробництва: меляса	65,3	11,0	22,4	77,6	1,7	0,1	5,6	–	20,4
Цукропереробного виробництва: дефекат	59,8	8,7	56,5	43,5	0,7	0,5	0,1	–	2,1
Цукропереробного виробництва: жом	14,5	4,1	4,5	95,5	1,7	0,2	0,6	–	38,3
Сироватка	4,1	3,2	19,2	80,9	0,1	0,3	0,4	–	1,6
Дігестат після біогазової установки	0,8	7,1	8,4	91,6	0,1	0,1	0,2	–	1,1
Виробництва дріжджів	8,5	4,0	2,7	97,3	0,3	0,2	0,2	–	41,3
Виробництва спирту (рідка барда)	1,9	3,4	12,2	87,8	0,3	0,1	0,2	–	0,6
Целюлозно-паперового виробництва (лігніну)	39,9	3,3	6,5	93,5	1,1	0,1	0,1	125,0	39,6
Відходи арахісу	92,7	5,9	8,5	91,5	1,2	0,3	2,6	–	38,8
Відходи какао-бобів	–	5,9	9,0	91,0	2,7	0,5	3,0	3,0	35,2
Деревопереробного виробництва (тирси)	84,7	5,3	1,3	98,8	0,7	0,1	0,5	–	46,5
Рослинна сировина									
Солома зернових	86	–	18	82	0,5	0,2	0,8	0,3	6,1
Компости									
Компост (жом+меляса+ +силос кукурудзи)	19,1	9,1	19,0	81,0	3,8	0,2	2,8	–	40,0
Компост (торф+послід)	72,4	8,0	58,0	42,0	1,4	1,9	1,6	–	16,4
Постгрибний субстрат	38,3	6,8	41,7	58,3	2,3	2,5	2,1	–	21,2
Біогумус	50,7	6,8	66,0	34,0	1,5	1,8	1,3	–	14,6
Вермикомпост	54,1	7,6	70,0	30,0	1,1	1,2	1,5	–	12,7
Вологопоглинаючі матеріали									
Глауконіт	–	–	95,5	6,5	–	–	–	12,0	–
Бентонітова глина	75,5	8,4	90,0	10,0	0,2	0,1	2,6	–	–
Сапоніт	75,4	7,8	–	–	2,0	0,1	0,3	15,1	0,3

У структурі балансових запасів бурого вугілля, частка леонардіту становить 1–2% (71–188 млн т). З урахуванням обсягів покладів леонардіту та бурого вугілля загалом в Україні стає доцільним їх використання як основи для виготовлення поліпшувачів ґрунту.

Не менш перспективним вуглицевмісним компонентом є біовугілля (біочар). Біовугілля може бути використано в якості сорбенту забруднюючих речовин у процесі відновлення забруднених ґрунтів, шляхом інактивації біодоступності поліароматичних вуглеводнів, важких металів, токсичних органічних сполук, таких як пестициди, поліциклічні ароматичні вуглеводні та синтетичний хлор і фосфорорганічні сполуки [15].

У промисловості утворюється багато різних відходів, які можуть бути використані для збагачення поліпшувачів ґрунту поживними речовинами, в якості зв'язуючих компонентів, сорбентів вологи та ін.

З усіх галузей переробної промисловості одну з найбільшої кількості відходів отримують у цукровому виробництві. Відходами цукрової промисловості при переробці буряку є жом і меляса, які використовують переважно як добавки для корму сільськогосподарських тварин. На кожні 35 тис.т цукру відхід меляси становить майже 11 тис.т. Меляса є цінним продуктом, адже містить 5,6% калію та гумусових речовин і може використовуватись як зв'язуюча речовина під час ґрудкування дрібнодисперсного вугілля такого як леонардіт.

Ефективним агрозаходом для покращення властивостей поліпшувачів ґрунтів на основі вуглицевмісної сировини є додавання до їх складу вологопоглинаючих матеріалів таких як бентонітові глини, що мають добру каталітичну активність, зв'язуючі та склеюючі властивості, слугують джерелом кремнію і мають яскраво виражену здатність до адсорбції, обміну катіонів і гідрофільність. Найбільше родовище бентонітових глин в Україні та Європі — Дашуківський кар'єр розміщено на території Черкаській обл., де зосереджено 90% усіх українських покладів глин за категоріями A+B+C_1 у кількості 60 298,07 тис. т та за категорією C_2 — 1260,0 тис.т.

З метою каталізування процесів синтезу гумусових речовин як складову поліпшувачів використовують сірчане залізо, що є джерелом змінновалентного металу. Крім даних компонентів до складу органо-мінерального ґрунтополіпшувача входить комплексне мінеральне добриво (нітроамофоска $N_{16}P_{16}K_{16}$).

Поліпшувачі ґрунту (органічні) виготовлені на основі леонардіту з додаванням мінеральних компонентів (бентоніту, заліза) та меляси у масовому співвідношенні 1:0,5:0,01:0,5 та органо-мінеральні з додаванням комплексного мінерального добрива у масовому співвідношенні 1:1.

Щодо хімічного складу поліпшувачів, то вони мають містити щонайменше 7,5% органічного вуглецю (С), уміст сухої речовини в останніх має бути не менше 40%. Максимально допустимою вважають вологість 10–15%. Реакція середовища (рН) близька до нейтральної. Концентрація поживних елементів (азоту, фосфору, калію), як не парадоксально, є вторинним показником якості поліпшувачів. Однак розрахунок доз унесених поліпшувачів проводять за показником умісту загального азоту.

Внесення в ґрунт ґрунтополіпшувачів дає змогу значно підвищити рівень потенційної родючості, вміст органічного вуглецю та стабільних гумусових речовин, покращити фізико-хімічні властивості ґрунту: запас поживних речовин, водний режим і ступінь аерації, ємність поглинання, буферність, а саме відновлення природозахисних властивостей ґрунтів і збільшення врожайності сільськогосподарських культур.

Висновки

На основі проведеного аналізу наявних місцевих сировинних ресурсів найперспективнішими, які можна використовувати для виробництва поліпшувачів ґрунту, є каустобіоліти такі як леонардіт, буре вугілля та біовугілля, що є джерелами вуглецю та азоту. Додатково для збагачення поліпшувачів ґрунту поживними речовинами, зв'язуючими компонентами, сорбентами вологи можна використовувати такі місцеві

ресурси як меляса та бентонітові глини. Крім даних компонентів до складу ґрунтополіпшувачів може входити комплексне мінеральне добриво. За хімічним складом поліпшувачі повинні містити щонайменше 7,5% органічного вуглецю (С), не менше 40% сухої речовини, за вологості готового продукту 10–15%. Водночас, як мінімальний вміст елементів живлення рослин у ґрунтополіпшувачах не регламентується. Доведено, що залучення до виробництва поліпшувачів ґрунтів місцевих сировинних ресурсів різного генезису, впровадження технологій переробки для поліпшення їхніх меліоративних властивостей, дасть можливість отримати якісний продукт, збалансований за вмістом гумусових і поживних речовин.

Skrylnyk Ye.[1], Artemieva K.[2]
National research center «O.N. Sokolovskyi Institute of soil science and agrochemistry», 4 Chaikovska Str., Kharkiv, 61024, Ukraine; e-mail: [1]orgminlab@gmail.com, [2]artemyeva.katti@gmail.com; ORCID: [1]0000-0002-8642-8547, [2]0000-0001-8634-9147

Prospects for the use of local raw materials in the production of soil improvers

Goal. To analyze the qualitative characteristics of local raw materials of different origins and assess the prospects of its rational use as a source of organic matter for the production of various types of improvers and secondary raw materials in Ukraine for the production of various types of soil improvers, Methods. Laboratory — for the study of agrochemical properties of the main types of local raw materials, conducted according to certified methods, followed by statistical data processing. **Results.** The agrochemical characteristics are given of fertilizing and reclamation materials of organic and mineral origin, which are considered as a source of nutrients and organic compounds, and can be used for the manufacture of soil improvers after the relevant technological solutions. Most of the analyzed materials are characterized by the significant potential for humus formation in soils. **Conclusions.** The solution of the ecological resource situation in Ukraine largely depends on the treatment of local raw materials, because it is the main factor in environmental pollution, it "frozen" a certain part of the resource and energy potential. This affects the balance of economic development of Ukraine in both environmental and resource terms. It is proved that with organic local raw materials the soil receives a complex of different chemical compositions, degree of stability, and reactivity of organic compounds, which cause significant reclamation potential of soil improvers. Involvement of local raw materials of different genesis in the production of soil improvers, the introduction of processing technologies to improve their reclamation properties, will allow obtaining a quality product balanced in terms of humus and nutrients.

Key words: *natural and secondary raw materials, soil improvers, reclamation potential, agrochemical composition.*
DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202204-09

Бібліографія

1. *Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А.* та ін. Місцеві сировинні ресурси: проблеми та перспективи раціонального застосування в аграрному секторі. Харків, 2016. 132 с.

2. *Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А.* та ін. Виробництво добрив на основі вторинної сировини та їх залучення в системи удобрення сільськогосподарських культур в умовах органічного виробництва : рекомендації. Харків, 2018. 29 с.

3. *Скрильник Є.В., Артем'єва К.С., Кутова А.М.* та ін. Рекомендації щодо отримання та застосування добрив на основі природної сировини: реком. Харків: ФОП Бровін О.В., 2020. 24 с.

4. *Артем'єва К.С.* Сировинна база для виготовлення органічної складової рідких органо-мінеральних добрив. *Теорія і практика інноваційних розробок молодих вчених у ґрунтово-агрохімічній науці:* матеріали Всеукр. наук.-практ. круглого столу для мол. вч. (м. Харків, 18–19 травня 2017 р.). Харків, 2017. С. 34–37.

5. *Гетманенко В.А.* Удобрювальна цінність осадів міських стічних вод та перспективи їх використання для поповнення органічної речовини ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство.* 2013. № 79. С. 76–81.

6. *Гуменюк Г.Д., Войтюк Г.В.* Поводження з відходами: вимоги Європейського союзу і законодавства України. *Стандартизація. Сертифікація. Якість.* 2015. № 3. С. 26–29.

7. *Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А.* та ін. Якість місцевої сировини різного походження та способи її раціонального використання в сільському господарстві. *Вісник аграрної науки.* 2016. № 7. С. 65–68.

8. *Кутова А.М., Скрильник Є.В., Гетманенко В.А.* та ін. Курячий концентрат. *The Ukrainian Farmer*. 2017. № 2 (86). С.105.

9. *Скрильник Є.В., Максименко Н.В., Рижкова Я.С.* та ін. Агроекологічна характеристика осадів стічних вод м. Харкова. *Людина та довкілля «Проблеми неоекології».* 2018. № 1 – 2. С. 112 – 119.

10. *Гетманенко В.А.* Агрохімічна характеристика компостів, вироблених на основі відходів органічного походження. *Ефективне функціонування екологічно стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти:* І Всеукр. наук.-практ. конф., (м. Полтава 28 грудня 2016 р.). Полтава, 2016. С. 93 – 95.

11. *Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А.* та ін. Відходи біогазових установок як сировина для отримання органічних добрив: рекомендації. Харків: ФОП Бровін О.В., 2020. 27 с.

12. *Скрильник Є.В., Кутова А.М., Філімончук Я.С.* Застосування кальцієвмісних відходів. *Пропозиція.* 2015. № 1. С. 2 – 5.

13. *Скрильник Є.В., Гетманенко В.А., Кутова А.М.* Характеристика ґрунтополіпшувачів на основі сапропелю та біовугілля як матеріалів для поліпшення водно-фізичних властивостей ґрунтів. *Таврійський науковий вісник.* Вип. 103. 2018. С. 222 – 227.

14. *Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А.* Управління якістю органічного добрива на основі дігестату для застосування в органічному землеробстві. *Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції:* матеріали Х ювілейної Міжнар. наук.-практ. конф., (м. Київ, 12 вересня 2019 р.). Київ, 2019.

15. *Zheng H., Wanga Z., Denga. X.* et al. Impacts of adding biochar on nitrogen retention and bioavailabilty in agricultar soil. *Geoderma*. 2013. V. 206. P. 32 – 39.